

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 23

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н.
(должность, уч. степень, звание)

В.И. Казаков

(инициалы, фамилия)

В.И.
(подпись)
«17» 02 2025г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Квантовые сенсоры»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	12.03.05
Наименование направления подготовки/ специальности	Лазерная техника и лазерные технологии
Наименование направленности	Лазерная техника и лазерные технологии
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н.
(должность, уч. степень, звание)

В.И. Казаков
(инициалы, фамилия)

В.И. 17.02.25
(подпись, дата)

Программа одобрена на заседании кафедры № 23

«17» февраля 2025 г, протокол № 6/25

Заведующий кафедрой № 23

д.т.н., проф.
(уч. степень, звание)

А.Р. Бестугин
(инициалы, фамилия)

(подпись, дата)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.
(должность, уч. степень, звание)

Н.В. Марковская
(инициалы, фамилия)

(подпись, дата)

Аннотация

Дисциплина «Квантовые сенсоры» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии» направленности «Лазерная техника и лазерные технологии». Дисциплина реализуется кафедрой «№23».

Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование следующих компетенций:

ПК-1 «Способен к разработке технологических процессов изготовления типовых узлов и деталей лазерной техники, лазерных оптико-электронных приборов и систем»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением физико-математических основ, технологий и практических применений устройств, использующих квантовые эффекты для повышения чувствительности и точности измерений. В ходе курса рассматриваются принципы действия квантовых сенсоров, включая суперпозицию, запутанность и квантовые измерения. Особое внимание уделяется таким устройствам, как атомные часы, сенсоры на основе NV-центров в алмазах, интерферометры и сверхпроводниковые датчики. Студенты получают знания о применении квантовых сенсоров в задачах навигации, геофизики, медицины и стандартизации времени, а также осваивают методы расчёта и моделирования их характеристик. Дисциплина формирует компетенции, необходимые для участия в современных научно-технических проектах в области квантовых технологий.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Цель дисциплины: Формирование у студентов фундаментальных знаний в области квантовой сенсорики, необходимых для понимания принципов действия и применения квантовых сенсоров в современной науке и технике.

Задачи дисциплины:

Изучение физических принципов, лежащих в основе квантовых сенсоров: суперпозиция, запутанность, интерференция;

Ознакомление с современными типами квантовых сенсоров: атомные часы, NV-центры, квантовые гироскопы, SQUID и др.;

Формирование умений рассчитывать характеристики квантовых сенсоров и анализировать их работу;

Развитие навыков применения квантовых сенсоров в различных отраслях: навигация, медицина, геофизика, оборонная сфера;

Подготовка к самостоятельному моделированию квантовых измерительных систем.

1.2. Дисциплина является факультативной дисциплиной по направлению образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способен к разработке технологических процессов изготовления типовых узлов и деталей лазерной техники, лазерных опико-электронных приборов и систем	ПК-1.3.1 знать принципы построения и состав лазерных приборов, систем; материалы и технологии, используемые для изготовления лазерной техники; методы работы с научно-технической литературой и информацией ПК-1.У.1 уметь анализировать технические требования, предъявляемые к разрабатываемым оптическим узлам и элементам лазерных приборов и систем; проектировать оснастку для изготовления деталей лазерной техники; определять, формулировать и обосновывать параметры, режимы и условия реализации разрабатываемых деталей

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Основы оптики»,
- «Основы квантовой электроники»,

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Основы конструирования оптических и лазерных приборов и систем».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	2/ 72	2/ 72
Из них часов практической подготовки	17	17
Аудиторные занятия, всего час.	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	38	38
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Зачет	Зачет

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Основы квантовой сенсорики					
Тема 1.1. Введение в квантовые технологии	2	2	-	-	4
Тема 1.2. Квантовая суперпозиция и запутанность	3	2	-	-	5
Тема 1.3. Принципы квантового измерения	3	3	-	-	5
Тема 1.4. Обзор типов квантовых сенсоров	2	2	-	-	4
Раздел 2. Применение квантовых сенсоров					
Тема 2.1. Атомные часы и сенсоры	2	2	-	-	4
Тема 2.2. NV-центры и алмазные сенсоры	2	2	-	-	4
Тема 2.3. Квантовые гироскопы и акселерометры	2	2	-	-	4
Тема 2.4. Перспективы и направления развития	1	2	-	-	4
Итого по дисциплине	17	17	0	0	38
Итого	17	17	0	0	38

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Раздел 1. Основы квантовой сенсорики Тема 1.1. Введение в квантовые технологии – обзор современных квантовых технологий, их отличие от классических подходов. Тема 1.2. Квантовая суперпозиция и запутанность – определение, интерпретация, примеры. Тема 1.3. Принципы квантового измерения – влияние наблюдателя, методы уменьшения ошибок. Тема 1.4. Обзор типов квантовых сенсоров – атомные, оптические, NV-центры, SQUID.
2	Раздел 2. Применение квантовых сенсоров Тема 2.1. Атомные часы и сенсоры – принципы работы, использование. Тема 2.2. NV-центры – структура, методы считывания, применение. Тема 2.3. Квантовые гироскопы – принципы, примеры. Тема 2.4. Перспективы развития – квантовые сети, интеграция с ИИ.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7					
1	Расчёт состояний суперпозиции и запутанности	Решение задач	2	1	1
2	Моделирование квантовых измерений	Моделирование, расчёт	2	1	1
3	Анализ чувствительности сенсоров	Табличное моделирование	2	1	1
4	Параметры сенсоров NV-центров	Типовые расчёты	2	1	1
5	Временные характеристики атомных часов	Анализ переходов	2	1	2
6	Моделирование сигнала	Численный расчёт	2	1	2

	квантового гироскопа				
7	Влияние шума на квантовое измерение	Расчётно-аналитическая работа	2	1	2
8	Модель квантового сенсора для прикладной задачи	Формализация, расчёт	3	2	2
Всего			17		

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	20	20
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)	10	10
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	8	8
Всего:	38	38

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.391 О-62	Оптические устройства в радиотехнике: учебное пособие / А. Ю. Гринев, К. П. Наумов, Л. Н. Пресленев и др.; Ред. В. Н. Ушаков. - М. : Радиотехника, 2005. - 240 с.	Студ. отдел (50) ФО (3)
530 П 76	Физические основы квантовых вычислений: практикум / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост.: В. К. Прилипко, Ю. А. Новикова. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2016. - 39 с.	Студ. отдел (5) ГС (3)
53 П 76	Физические основы квантовых вычислений. Динамика кубита [Текст] : монография / В. К. Прилипко, И. И. Коваленко. - СПб. : Лань, 2019. - 214 с. : рис. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Загл. обл. : Магистратура. - Библиогр.: с. 20	ФО (4)
530 П 76	Физические основы квантовых вычислений : от битов к кубитам: учебное пособие / В. К. Прилипко, И. И. Коваленко ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2016. - 179 с.	Студ. отдел (4) ГС (3)
530.1 К 15	Кайе, Ф. Введение в квантовые вычисления / Ф. Кайе, Р. Лафлам, М. Моска ; пер. Т. С. Никитина ; ред. А. В. Анохин. - Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика" 2009. - 346 с.	ФО (2)
530.1 Н 66	Нильсен, М. Квантовые вычисления и квантовая информация / М. Нильсен, И. Чанг ; пер.: М. Н. Вялый, П. М. Островский ; авт. предисл. К. А. Валиев. - М. : Мир, 2006. - 822 с.	ФО (6)

7. Перечень электронных образовательных ресурсов
информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
http://lib.aanet.ru/	Доступ в ЭБС «Лань» осуществляется по договору № 25, 26, 27, от 31.01.2024 Доступ в ЭБС «ZNANIUM» осуществляется по договору № 058 от 27.02.2023 Доступ в ЭБС «ЮРАЙТ» осуществляется по договору № 257 от 29.05.2023
https://www.elibrary.ru/	Доступ в БД по договору SU-675/2024/746 от 27.12.2023 г.

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	51-06-03
2	Специализированная лаборатория «Фотоники и квантовых технологий»	51-06-05

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов; Тесты

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы (задачи) для зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
1.	Объясните принцип суперпозиции и его значение в квантовой сенсорике.	ПК-1.3.1
2.	Какие преимущества имеют квантовые сенсоры перед классическими?	ПК-1.3.1
3.	Опишите работу атомных часов и их применение.	ПК-1.У.1
4.	Что такое NV-центры и как они используются в сенсорах?	ПК-1.У.1

5.	Расскажите о применении квантовых сенсоров в медицине.	ПК-1.У.1
6.	Какие типы квантовых сенсоров вы знаете? Опишите кратко принцип действия.	ПК-1.3.1
7.	Что такое квантовая запутанность и как она используется в сенсорике?	ПК-1.3.1
8.	Объясните роль интерференции в квантовом измерении.	ПК-1.3.1
9.	В чем отличие квантового гироскопа от классического?	ПК-1.У.1
10.	Какие задачи решаются с помощью SQUID-сенсоров?	ПК-1.У.1
11.	Перечислите особенности сенсоров на основе атомных интерферометров.	ПК-1.У.1
12.	Какую роль играет шум и декогеренция в работе квантовых сенсоров?	ПК-1.3.1
13.	Какие современные материалы применяются в квантовых сенсорах?	ПК-1.3.1
14.	Приведите примеры использования квантовых сенсоров в навигации и геофизике.	ПК-1.У.1
15.	Охарактеризуйте методы тестирования и калибровки квантовых сенсоров.	ПК-1.У.1

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1.	Прочитайте вопрос и выберите один правильный вариант ответа: Какой квантовый эффект лежит в основе работы атомных часов? ○ а) Фотоэффект ○ б) Туннелирование ○ в) Переход между энергетическими уровнями ○ г) Спонтанное излучение	ПК-1.3.1
2.	Прочитайте вопрос и выберите один правильный вариант ответа: Что используется для считывания сигнала от NV-центров в алмазе? ○ а) Ток проводимости	ПК-1.3.1

	- o b) Магнитное поле - o c) Оптическая люминесценция - o d) Механическое смещение									
3.	Прочитайте вопрос и выберите один правильный вариант ответа: Что характеризует квантовый сенсор? - o a) Большая инерционность - o b) Высокая чувствительность и точность - o c) Простота конструкции - o d) Низкая стоимость	ПК-1.3.1								
4.	Прочитайте вопрос и выберите несколько правильных вариантов ответа: К преимуществам квантовых сенсоров можно отнести: • ☐ Повышенная чувствительность • ☐ Зависимость от внешнего шума • ☒ Способность измерять с квантовой точностью • ☒ Возможность работы без физического контакта • ☒ Использование квантовых состояний	ПК-1.3.1								
5.	Установите соответствие между сенсорами и их принципом работы: <table><thead><tr><th>Сенсор</th><th>Принцип работы</th></tr></thead><tbody><tr><td>A. SQUID</td><td>1. Сверхпроводимость</td></tr><tr><td>B. NV-центр в алмазе</td><td>2. Оптическое считывание</td></tr><tr><td>C. Атомный интерферометр</td><td>3. Интерференция волн</td></tr></tbody></table>	Сенсор	Принцип работы	A. SQUID	1. Сверхпроводимость	B. NV-центр в алмазе	2. Оптическое считывание	C. Атомный интерферометр	3. Интерференция волн	ПК-1.3.1
Сенсор	Принцип работы									
A. SQUID	1. Сверхпроводимость									
B. NV-центр в алмазе	2. Оптическое считывание									
C. Атомный интерферометр	3. Интерференция волн									
6.	Впишите недостающий термин в утверждении: Квантовая _____ описывает совместное поведение частиц, чьи состояния взаимосвязаны, независимо от расстояния между ними	ПК-1.3.1								
7.	Впишите недостающий термин в утверждении: В квантовом сенсоре используется эффект _____ переходов между дискретными уровнями энергии атома.	ПК-1.3.1								
8.	Дайте развернутый ответ с обоснованием: Объясните, почему квантовые сенсоры могут использоваться для навигации без GPS. Приведите минимум два примера конкретных технологий.	ПК-1.3.1								
9.	Дайте развернутый ответ с обоснованием: Раскройте принцип действия квантового гироскопа и опишите его потенциальные применения в авиации и оборонной промышленности	ПК-1.3.1								

10.	Дайте развернутый ответ с обоснованием: Сравните чувствительность квантовых сенсоров и классических аналогов в измерении магнитных полей. Почему происходит разница?	ПК-1.3.1
-----	---	----------

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- Введение в квантовую сенсорику;
- Основные технологические применения сенсоров;
- Принципы работы некоторых сенсоров;
- Возможности моделирования квантовых эффектов.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Они проводятся:

- в интерактивной форме в виде групповых дискуссий.

Методика проведения практического занятия может быть различной, при этом важно достижение общей цели дисциплины.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости проводится в форме тестирования.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой